

F. FIORENTINO^{1,2}, C.V. BADALUCCO¹, G. BONO¹, M. CALABRÒ^{1,3}, G. GAROFALO^{1,3,4},
M.R. MANCUSO¹, B. PARLANTE¹, D. SCANNELLA⁴, F. FALSONE^{1,3}, G. SINACORI¹, A.
TITONE¹, S. VITALE^{1,3}, D. MASSI^{1,3,4}

¹ Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) – Istituto per le Risorse Biologiche e le Biotecnologie Marine (IRBIM), Via Luigi Vaccara, 61 - 91026 Mazara del Vallo (TP), Italia

² Stazione Zoologica Anton Dohrn (SZN), Palermo, Italia

³ National Biodiversity Future Center (NBFC), Palermo, Italia

⁴ Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Palermo, Italia
corresponding author: fabio.fiorentino@irbim.cnr.it

ANDAMENTO DELLA DISTRIBUZIONE E DELL'ABBONDANZA DEGLI ECHINODERMI SUI FONDI STRASCICABILI DELLO STRETTO DI SICILIA

TRENDS IN THE DISTRIBUTION AND ABUNDANCE OF ECHINODERMS ON THE TRAWLABLE BOTTOMS OF THE STRAIT OF SICILY

Abstract - Echinoderms are recognised as indicators of areas of high biological productivity and are essential habitats for the juveniles and spawners of several commercially important species. As this group is sensitive to trawling and climate change, the distribution and abundance of echinoderms were studied in the trawling areas of the Strait of Sicily (GSA 16) between 2008 and 2023. Data were collected during the MEDITS experimental fishing campaigns and analysed for echinoderms as a whole, as well as for the most abundant species. The results showed a significant decline in the presence and abundance of all species, although some differences in trends were observed among species. Exploratory analysis, conducted through correlations, suggested that this decline may be due to climate change rather than fishing activity, which decreased significantly over the same period.

Keywords: time series, echinoderms, decreasing trend, climate change, Mediterranean Sea.

Introduzione - Gli echinodermi sono riconosciuti come indicatori di aree ad alta produttività biologica, essenziali per i giovanili e i riproduttori di diverse specie commerciali (Leonard *et al.*, 2020). Poiché questo gruppo è considerato sensibile sia alla pressione della pesca a strascico (Trush *et al.*, 1998; González-Irusta *et al.*, 2012) sia ai cambiamenti climatici (Lang *et al.*, 2023), ne è stata studiata la distribuzione e l'abbondanza sui fondali strascicabili dello Stretto di Sicilia (GSA, Geographical Subarea) 16).

Materiali e metodi - I dati sono stati raccolti durante le campagne di pesca a strascico MEDITS dal 2008 al 2023, condotte nello Stretto di Sicilia, secondo un piano di campionamento annuale illustrato in Fig. 1. L'analisi ha considerato sia l'insieme degli echinodermi tra 10 e 800 m di profondità sia le specie più abbondanti negli strati batimetrici dove presenti (*Antedon mediterranea* (Lamarck, 1816), 10–200m; *Astropecten irregularis pentacanthus* (Delle Chiaje, 1827), 10–200m; *Leptometra phalangium* (Müller, 1841), 201–800m; *Parastichopus regalis* (Cuvier, 1817), 10–200m; *Stylocidaris affinis* (Philippi, 1845), 10–200m). Per ciascuna campagna sono state calcolate la percentuale di cale positive (CP%) e l'abbondanza media espressa come indice di densità (DI; numero di individui per km²). L'andamento nel tempo di tali variabili è stato modellato tramite regressione LOESS per CP% e regressione segmentata per DI, su valori ln-trasformati, utilizzando il pacchetto R "segmented" (Muggeo, 2008). Le relazioni di tali variabili con i fattori abiotici e lo sforzo di pesca sono state analizzate mediante approcci di correlazione tradizionali.

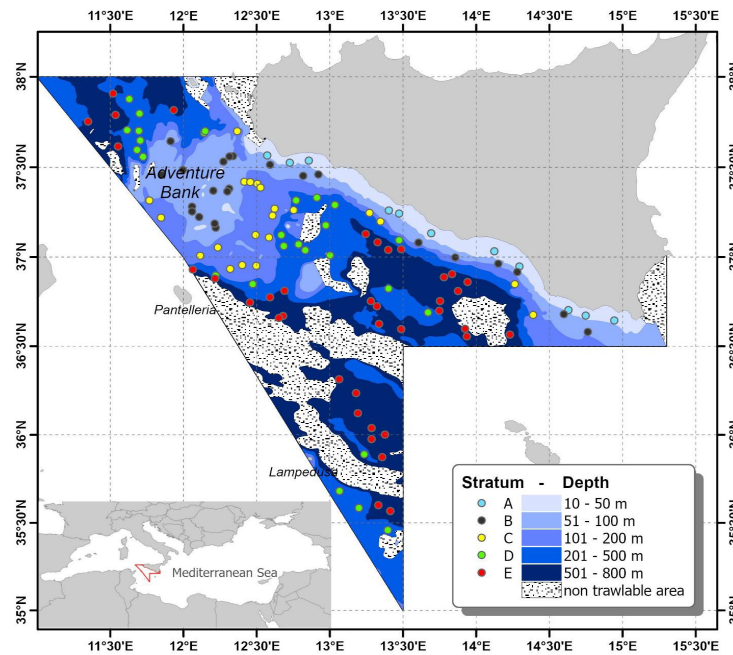


Fig. 1 – Distribuzione delle 120 cale condotte annualmente nello Stretto di Sicilia durante le campagne sperimentali MEDITS.
Distribution of the 120 hauls conducted annually in the Strait of Sicily during the MEDITS experimental surveys.

Risultati - I risultati hanno mostrato una diminuzione significativa della presenza (Fig. 2) e dell'abbondanza (Fig. 3) dell'intero gruppo e di tutte le specie considerate, con l'eccezione della presenza di *S. affinis*. L'analisi mediante regressione segmentata ha rilevato che il declino dell'abbondanza si è verificato tra il 2014 e il 2017 a seconda della specie considerata (Fig. 3).

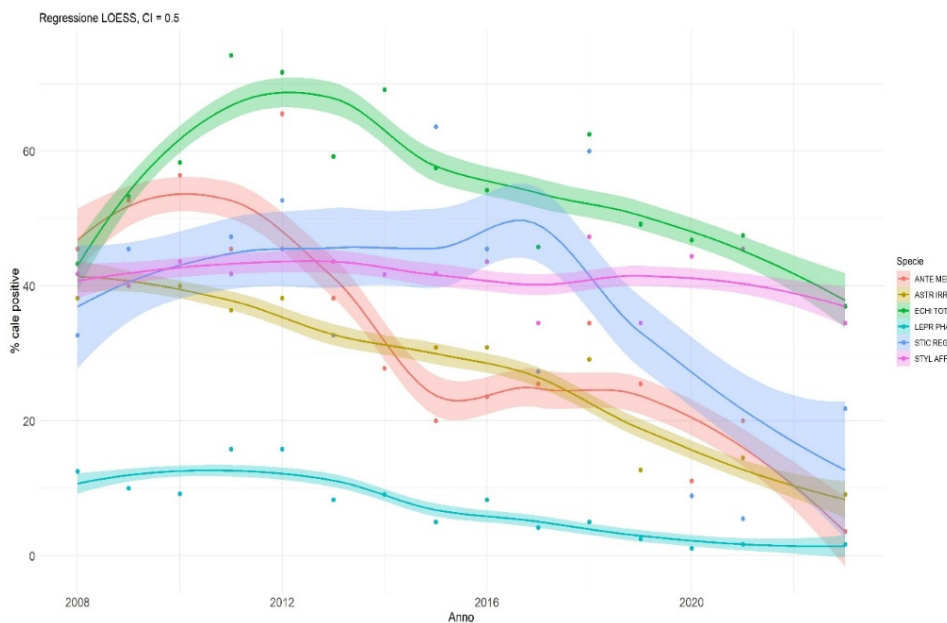


Fig. 2 – Percentuale di cale positive del totale degli echinodermi e delle principali specie rinvenute sulle cale totali MEDITS nei fondi strascicabili dello Stretto di Sicilia (GSA 16).
Percentage of positive hauls of the total echinoderms and the main species found out the total of MEDITS hauls in the trawlable bottoms of the Strait of Sicily (GSA 16).

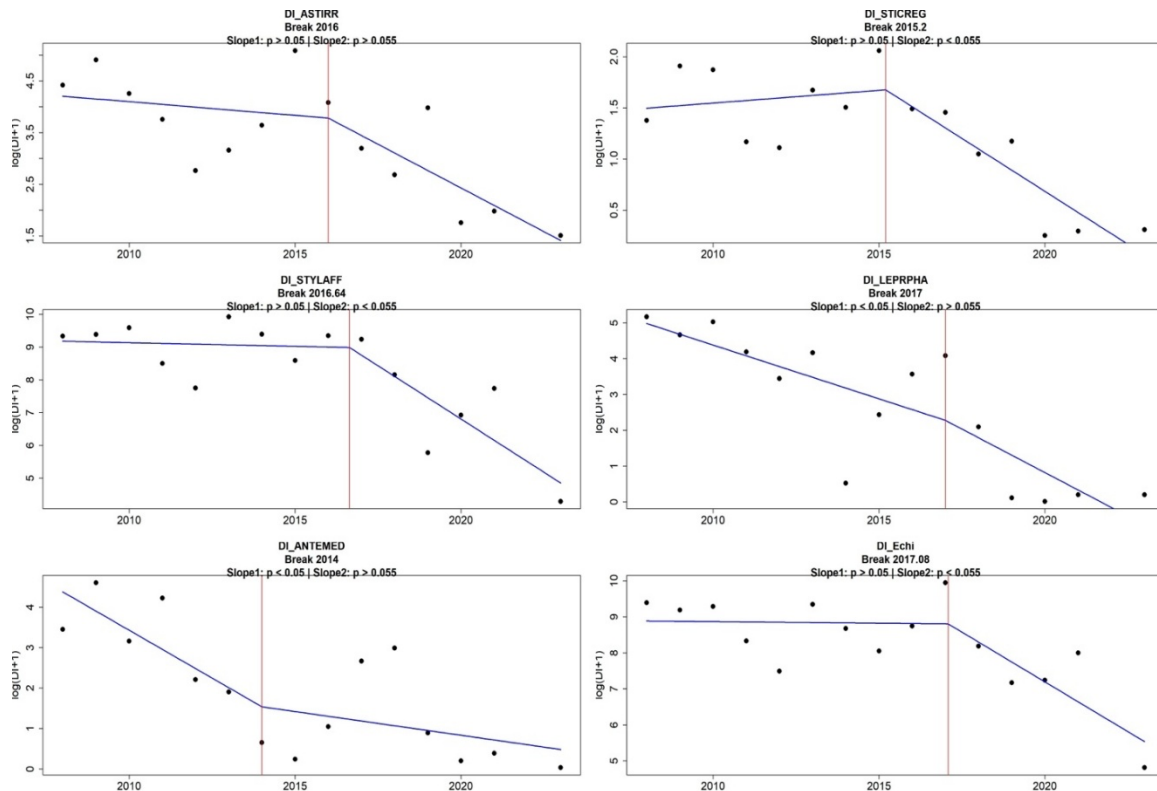


Fig. 3 – Abbondanza e regressione segmentata della tendenza del totale degli echinodermi e delle principali specie rinvenute sui fondi strascicabili dello Stretto di Sicilia (GSA 16). Il cambiamento nella tendenza temporale è evidenziato dalla linea verticale.
Abundance and segmented regression trend of the total echinoderms and the main species found on the trawlable bottoms of the Strait of Sicily (GSA 16). The vertical line shows the change in the temporal trend.

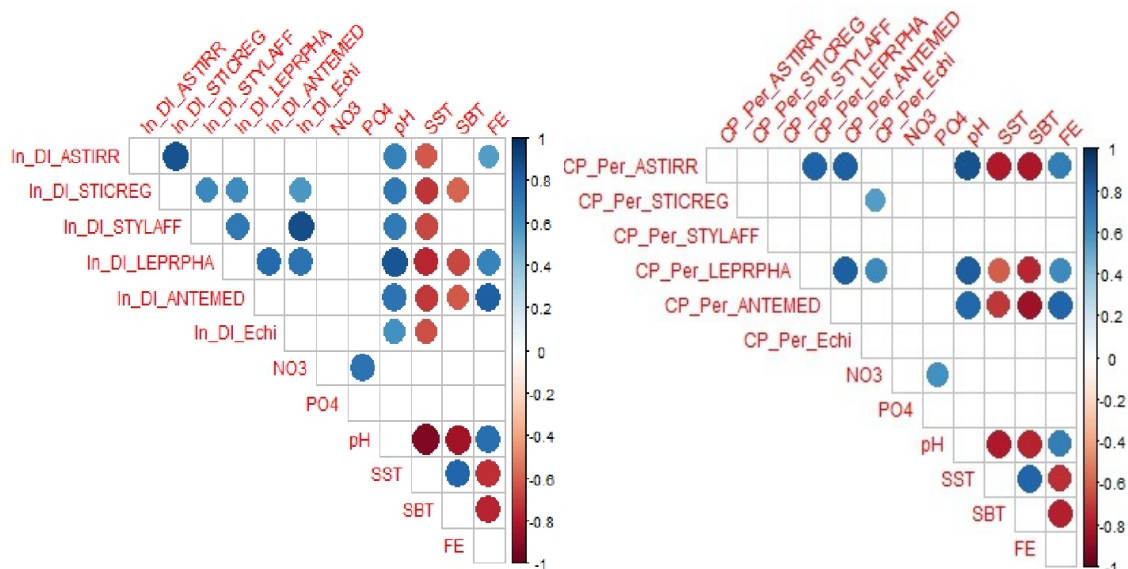


Fig. 4 - Matrice di correlazione tra le variabili abiotiche (fonte Copernicus), sforzo di pesca (FE, fonte DCF), indici di abbondanza (DI, a sinistra) e percentuale di cale positive (CP%, a destra). Sono riportate esclusivamente le correlazioni significative (positive in blu e negative in rosso).
Correlation matrix between abiotic variables (source Copernicus), fishing effort (FE, source DCF), Density Index (DI, on the left) and percentage of positive hauls (CP%, on the right). Only significant correlations (positive in blue and negative in red) are shown.

L'analisi esplorativa della relazione tra gli andamenti di DI e CP% e i principali fattori ecologici ha evidenziato una correlazione negativa con la temperatura e una positiva con il pH dell'acqua nell'area. DI e CP% di *A. mediterranea*, *L. phalangium* ed *A. irregularis pentacanthus* sono risultati correlati positivamente allo sforzo di pesca (Fig. 4).

Conclusioni - La variazione nella distribuzione e nell'abbondanza degli echinodermi riscontrata potrebbe riflettere un cambiamento della produttività delle risorse ittiche nello Stretto di Sicilia. Sebbene non siano stati riportati cambiamenti significativi nella concentrazione di nutrienti nell'acqua di mare, uno studio recente ha documentato una tendenza crescente di temperatura e salinità nell'area tra il 2010 e il 2016, in linea con il riscaldamento indotto dai cambiamenti climatici (Placenti *et al.*, 2024). L'influenza dei fattori ambientali sull'abbondanza dell'oloturia *P. regalis* nello Stretto di Sicilia è stata recentemente riportata da Scannella *et al.* (2022). Meno spiegabile è la correlazione positiva riscontrata tra le due specie di crinoidi, *A. mediterranea* e *L. phalangium*, di cui è riportata la vulnerabilità allo strascico (Mangano *et al.*, 2013), e della stella comune, *A. irregularis pentacanthus*, con lo sforzo di pesca delle strascicanti, che è in riduzione sin dal 2004 (Falsone *et al.*, 2022). I risultati ottenuti meritano ulteriori approfondimenti, sia nella conoscenza dei poco noti cicli vitali delle specie, sia nelle analisi delle possibili relazioni con le varie forzanti ambientali e antropiche, per comprendere meglio la dinamica di tale importante componente del sistema bentonico nel contesto di cambiamenti globali.

Bibliografia

- FALSONE F., GANCITANO V., GERACI M.L., SARDO G., SCANNELLA D., SERENA F., VITALE S., FIORENTINO F. (2022) - Assessing the Stock Dynamics of Elasmobranchii off the Southern Coast of Sicily by Using Trawl Survey Data. *Fishes*, **7** (3): 136.
- GONZÁLEZ-IRUSTA J. M., PUNZÓN A., SERRANO A. (2012) - Environmental and fisheries effects on *Gracilechinus acutus* (Echinodermata: Echinoidea) distribution: is it a suitable bioindicator of trawling disturbance? *ICES J. Mar. Sci.*, **69** (8): 1457-1465.
- LANG B. J., DONELSON J. M., BAIROS-NOVAK K. R., WHEELER C. R., CABALLES C. F., UTHICKE S., PRATCHETT M. S. (2023) - Impacts of ocean warming on echinoderms: A meta-analysis. *Ecol. Evol.*, **13** (8): e10307.
- LEONARD C., EVANS J., KNITTWEIS L., AGUILAR R., ALVAREZ H., BORG J.A., GARCIA S., SCHEMBRI P.J. (2020) - Diversity, distribution, and habitat associations of deep-water echinoderms in the Central Mediterranean. *Mar. Biodivers.*, **50**: 1-15.
- MUGGEO V.M. (2008) - *The segmented package*. Reference manual: <http://www.cran.r-project.org/web/packages/segmented/segmented.pdf>. R-Project.
- PLACENTI F., TORRI M., SCHROEDER K., BORGHINI M., CERRATI G., CUTTITTA A., TANCREDI V., BUSCAINO C., PATTI B. (2024) - A 12-years long (2010–2021) hydrological and biogeochemical dataset in the Sicily Channel (Mediterranean Sea). *Earth Syst. Sci. Data*, **16**: 743–752.
- SCANNELLA D., BONO G., DI LORENZO M., DI MAIO F., FALSONE F., GANCITANO V., GAROFALO G., GERACI M.L., LAURIA V., MANCUSO M., QUATTROCCHI F., SARDO G., TITONE A., VITALE S., FIORENTINO F., MASSI D. (2022) - How does climate change affect a fishable resource? The case of the royal sea cucumber (*Parastichopus regalis*) in the central Mediterranean Sea. *Front. Mar. Sci.*, **9**: 934556.
- MANGANO M.C., KAISER M.J., PORPORATO E.M.D., SPANÒ N. (2013) - Evidence of trawl disturbance on mega-epibenthic communities in the Southern Tyrrhenian Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **475**: 101-117.
- THRUSH S. F., HEWITT J. E., CUMMINGS V. J., DAYTON P. K., CRYER M., TURNER S. J., FUNNELL G.A., BUDD R.G., MILBURN C.J., WILKINSON M. R. (1998) - Disturbance of the marine benthic habitat by commercial fishing: impacts at the scale of the fishery. *Ecol. Appl.*, **8** (3): 866-879.

Ringraziamenti

Il lavoro è stato condotto nell'ambito dei rilevamenti a strascico del Modulo MEDITS, finanziati dall'Unione Europea e dal Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste italiano. Desideriamo esprimere la nostra gratitudine a tutti i colleghi coinvolti nel Programma.